



Flora espontánea en sistemas agrícolas con distinta intensificación de tecnologías de insumos y procesos

Spontaneous flora in agricultural systems with different intensification of input and process technologies

Diez de Ulzurrun¹, P.; Pontaroli^{2,3}, L.; Rozzi¹, E.

¹Unidad Integrada Balcarce (INTA-FCA, UNMdP). ²Chacra Experimental Miramar (MDA) Ruta 226, km 73,5. Balcarce, Argentina, ³Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa (AAPRESID).
diezdeulzurrun@mdp.edu.ar

Citar como: Diez de Ulzurrun et al. (2025)
Flora espontánea en sistemas agrícolas con distinta intensificación de tecnologías de insumos y procesos en *Malezas* 14, 4-20

RESUMEN

Los agroecosistemas se caracterizan por un alto nivel de disturbios y una importante variación en los recursos aéreos-subterráneos. Estos disturbios crean nichos para la colonización de especies, generando cambios en el banco de semillas, siendo responsables de la estructura y dinámica de flora espontánea asociada a los cultivos. El objetivo del trabajo fue analizar la riqueza y abundancia de especies espontáneas en el banco de semillas de sistemas agrícolas con distinta intensificación en el uso de tecnologías de insumos-procesos y en corredores biológicos linderos, así como el rendimiento del cultivo de maíz. Se analizaron tres escenarios agrícolas: agricultura convencional (AC), intensificación ecológica (IE), intensificación sostenible (IS) y borduras (B). En abril de 2022 se muestreó el banco de semillas, posteriormente se registró e identificó el número de plántulas emergidas, cuantificando la riqueza de especies dicotiledóneas y abundancia de individuos. Se evaluó el rendimiento del cultivo de maíz, que estaba implantado al momento del muestreo en las parcelas cultivadas. Se reconocieron 26 especies, de 13 familias, predominó el origen exótico y ciclo de vida anual. La riqueza, así como la abundancia promedio de semillas m⁻², fue mayor en IE y B, siguieron en orden decreciente IS y AC. El mayor rendimiento de maíz se registró en AC e IS. El manejo en dichos ambientes limitaría la competencia de vegetación aérea con el cultivo, así como la cantidad de semillas que ingresan al banco, marcando la menor aplicación de insumos de síntesis química en el tratamiento de IS y su mayor diversidad de especies en relación a AC.

Palabras clave: banco de semillas, intensificación sostenible, agroecología, agricultura convencional.

SUMMARY

Agroecosystems are characterized by high levels of disturbance and significant variation in above-ground and belowground resources. These disturbances create niches for species colonization, generating changes in the seed bank and responsible for the structure and dynamics of spontaneous flora associated with crops. The objective was to analyze the richness and abundance of spontaneous species in the seed bank of agricultural systems with different intensification in the use of input-process technologies and in adjacent biological corridors, as well as the yield of maize crops. Three agricultural scenarios were analyzed: conventional

agriculture (AC), ecological intensification (IE), sustainable intensification (IS) and borders (B). In April 2022, the seed bank was sampled and the number of emerged seedlings was subsequently recorded and identified, quantifying dicotyledonous species richness and individual abundance. The yield of the maize crop planted at the time of sampling was evaluated in the cultivated plots. Twenty-six species from 13 families were recognized, with a predominance of exotic origin and annual life cycles. Richness and average seed abundance m^{-2} were highest in IE and B, followed in decreasing order by IS and AC. The highest corn yield was recorded in AC and IS. Management in these environments would limit competition between aboveground vegetation and the crop, as well as the number of seeds entering the seed bank. This is highlighted by the lower application of synthetic chemical inputs in IS treatment and its greater species diversity compared to AC.

Keywords: seed bank, sustainable intensification, agroecology, conventional agriculture.

INTRODUCCIÓN

A través de los años, la producción agrícola desencadenó un importante aumento de la superficie cultivada, así como el incremento en el uso de tecnologías basadas en insumos, con el fin de incrementar la producción y satisfacer las demandas de alimentación y subsistencia de la población creciente (Andrade, 2020). Así, en las últimas décadas, se acentuó un proceso de agriculturización caracterizado por un marcado incremento en el área sembrada de cultivos de granos, la expansión de la frontera agropecuaria, el incremento en el uso de tecnologías basadas en insumos, entre otras. Esto generó una fuerte presión sobre el ambiente, afectando al clima, suelo, agua y biodiversidad de los ecosistemas, comprometiendo la futura producción de alimentos (Paruelo *et al.*, 2006; Marshall, 2009; Abbate *et al.*, 2017; Bocchio *et al.*, 2019; Sarandón & Flores, 2014; Andrade, 2020).

La flora espontánea (entendida como componente vegetal no cultivado, que crece asociado al cultivo y/o a los espacios no cultivados) y la cultivada forman parte de la biodiversidad vegetal de un agroecosistema. Sin embargo, usualmente suele asignársele a la primera un valor negativo, asociándola a los términos malezas, arvenses, malas hierbas, entre otros. Si bien la flora espontánea es comúnmente considerada una amenaza para la producción, por sus efectos competitivos sobre el rendimiento de cultivos, no siempre su rol es negativo (Díaz *et al.*, 2006; Bonaudo *et al.*, 2014).

Los disturbios que se generan en un agroecosistema con las prácticas agrícolas crean nichos disponibles para la colonización de especies, a su vez, también provocan cambios en la disponibilidad de recursos tales como luz y nutrientes, o variaciones en el ambiente físico: temperatura, radiación solar y humedad (Denslow, 1985). Por ende, generan cambios no solo en la vegetación aérea, sino también en el banco de semillas, siendo en parte responsables de la estructura y dinámica de la vegetación asociada a los cultivos en un agroecosistema (Mohler *et al.*, 2006). El banco de semillas del suelo constituye el reservorio en un área determinada, pudiendo persistir por periodos de tiempo más o menos prolongados (Roberts, 1981; Haretche & Rodríguez, 2006). En consecuencia, el banco de semillas es fuente potencial de especies para la regeneración de la flora espontánea, regulando su densidad y la periodicidad de germinación y emergencia de especies (Acosta & Aguero, 2001; Hajaj, 2021).

Uno de los grandes retos de la agricultura moderna es encontrar un equilibrio entre la producción agrícola y la protección de la biodiversidad (Ramoá, 2014). Conocer la flora espontánea asociada a los cultivos, y el efecto de la misma sobre su rendimiento es fundamental para poder diseñar estrategias de manejo tendientes a lograr la mayor potencialidad de producción, sin comprometer la biodiversidad del ecosistema y los servicios que estos ofrecen. En este contexto, el objetivo del trabajo fue analizar la riqueza y abundancia de la flora espontánea del banco de semillas del suelo, en sistemas agrícolas con distinta intensificación de uso de tecnologías de insumos-procesos (reflejando distintas situaciones productivas actuales en el Sur de la Provincia de Buenos Aires) y en los corredores biológicos asociados, así como el rendimiento del cultivo de maíz que se encontraba implantado al momento del muestreo en las distintas situaciones de manejo planteadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la Chacra Experimental de Miramar del Ministerio de Desarrollo Agrario ubicada en la localidad de Iraizoz, Provincia de Buenos Aires ($38^{\circ}09'30.8''\text{S}$ $57^{\circ}59'33.3''\text{W}$), en un lote de 4,5 ha (Figura 1). El suelo es un Argiudol típico, el clima es subhúmedo-húmedo, templado-frío en la época invernal y templado-cálido en la estival, durante el invierno ocurren heladas intensas y en ocasiones nevadas. La precipitación media anual ronda los 850 mm (Falasca *et al.*, 2000).



Figura 1. Módulo de intensificación ubicado en la Chacra Experimental Miramar ($38^{\circ}09'30.8''\text{S}$ $57^{\circ}59'33.3''\text{W}$), en el cual se comparan tres escenarios productivos. Donde, P= Parcelas con distinto manejo agronómico: P1-P3-P7= intensificación ecológica (IE), P2-P5-P8= agricultura convencional (AC), P4-P6-P9= intensificación sostenible (IS); B= borduras o corredores biológicos (B).

Desde el año 2020, en el módulo de intensificación se contrastan tres escenarios productivos agrícolas actuales del sur de la Provincia de Buenos Aires, en los que se compara la intensificación de uso de tecnologías de insumos y procesos, bajo las siguientes relaciones (Cuadro 1):

Tratamiento 1: “agricultura convencional” (AC) representa el modelo productivo predominante en la región agrícola del sudeste bonaerense. Se caracteriza por un elevado nivel de uso de tecnologías de insumos, tales como fertilizantes de síntesis química, herbicidas, insecticidas, fungicidas y cultivos transgénicos, mientras que la aplicación de tecnologías de procesos (por ejemplo, planificación detallada de rotaciones, manejo integrado de plagas, uso de cultivos de servicio o prácticas de conservación de suelos) es escasa o nula. Bajo este paradigma, las decisiones agronómicas tienden a estandarizarse, apuntando a la eficiencia operativa y a la simplificación de las prácticas de manejo (Oosterheld, 2008; Trigo *et al.*, 2009) (Cuadro 1).

Tratamiento 2: “intensificación sostenible” (IS), busca combinar la eficiencia productiva con una fuerte reducción del impacto ambiental, mediante la utilización de un alto nivel de tecnologías de procesos y una aplicación estratégica de tecnologías de insumos. El manejo se apoya en rotaciones diversificadas con inclusión sistemática de cultivos de servicio, que apor-

tan carbono, nitrógeno y cobertura al sistema. A diferencia del tratamiento ecológico, este esquema permite el uso de insumos como fertilizantes y fitosanitarios, integrando criterios de manejo basados en el monitoreo y el uso de umbrales de daño económico (UDE) para definir estrategias de control de plagas. En cuanto a la aplicación de herbicidas, cuando la condición productiva lo justifique, se utilizan aplicaciones dirigidas. De esta manera, se busca sostener la productividad con una alta eficiencia de uso de recursos y una intensificación biológica del sistema, reduciendo el uso de insumos, sin comprometer el rendimiento (Cuadro 1).

Tratamiento 3: “intensificación ecológica” (IE), simula un sistema adaptado a la zona de exclusión del partido de General Pueyrredón, donde el uso de agroquímicos está prohibido por ordenanza (Normativa de agroquímicos de General Pueyrredón, 2025). Se caracteriza por una alta incorporación de tecnologías de procesos y una aplicación mínima o nula de tecnologías de insumos. No se aplican fertilizantes de síntesis química o fitosanitarios. En su lugar, se prioriza la regulación natural del sistema a través de rotaciones diversificadas y decisiones agronómicas de mayor complejidad. El objetivo es sostener la productividad mediante un manejo ecológico intensivo, con bajo impacto ambiental y alta funcionalidad sistémica, adecuado para entornos sensibles, como los periurbanos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prácticas agronómicas realizadas en cada uno de los tratamientos destinados a contrastar tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, con distinta intensificación de uso de tecnologías de insumos y procesos. Donde, AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible, IE: intensificación ecológica.

Variable	AC	IS	IE
Tecnologías de insumos	Alta utilización de insumos (fertilizantes, fitosanitarios)	Aplicación estratégica, justificada por monitoreo	No se aplican insumos de síntesis química
Tecnologías de procesos	Baja incorporación	Alta incorporación, con planificación estratégica	Alta incorporación (rotaciones, cultivos de servicio)
Cultivos de servicio	No se utilizan	Uso sistemático para mejorar suelo y reducir malezas	Uso intensivo: ocupación del nicho, incorporación de C y N al sistema
Control de malezas	Barbecho químico largo, control reactivo. Aplicaciones en cobertura total	Barbecho químico corto, cultivos de servicio y aplicaciones selectivas de herbicidas	Supresión por competencia, coberturas y ocupación del suelo.
Fertilidad del suelo	Reposición química (fertilizantes sintéticos)	Combinación de aportes biológicos y fertilizantes sintéticos	Fijación biológica, residuos orgánicos, roca fosfórica.
Plagas y enfermedades	Manejo químico protocolizado	Monitoreo + intervención por (umbral de daño económico) UDE	Control biológico y cultural/ sin intervención
Tipo de ambiente objetivo	Representativo del productor promedio regional	Rural, sin restricciones, orientado a sostenibilidad	Periurbano, con restricciones normativas

El diseño experimental siguió un diseño completamente aleatorizado (DCA), con tres repeticiones para cada tratamiento. Cada unidad experimental consta de aproximadamente 4.000 m². Entre cada una de las parcelas cultivadas, se realizaron corredores biológicos de 5 m de ancho (Figura 1), y en el perímetro del sitio experimental las mismas fueron de 7 m de ancho. Dichos

corredores permitieron generar un espacio de resguardo de biodiversidad de flora y fauna (insectos, pequeños mamíferos y aves de pastizal). En la Figura 2 se muestra la secuencia de cultivos para cada tratamiento, en el periodo comprendido entre 2020 y la actualidad.

Trat	2020	2021			2022		2023		2024		2025	
AC	Trigo	Soja 2ª	BQ	Maíz	BQ	Girasol	BQ	Cebada	Soja 2ª	BQ	Soja	
IE	Trigo	Vicia+Soja+Trigo		Maíz	Avena +Vicia	Barbecho LC	Girasol	Barbecho LC	Cebada	Vicia+gram	Soja	
IS	Trigo	BQ selectivo	Avena+Vicia	Maíz	Avena +Vicia	BQ selectivo	Girasol	BQ	Cebada	Soja 2ª	Vicia+gram	Soja

Cultivo de renta

Cultivo de servicio

Barbecho químico

* El cultivo de servicio se suprimió de forma mecánica con el sistema BES (herramienta de labranza vertical de corte horizontal subsuperficial) en IE o con un rolo en IS.

Figura 2. Secuencia de cultivos y prácticas asociadas en cada uno de los tratamientos destinados a contrastar tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Donde AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible, IE: intensificación ecológica. BQ: barbecho químico con herbicidas; BQ selectivo: aplicación selectiva de herbicidas; LC: labranza convencional.

Evaluación del banco de semillas del suelo

En abril de 2022 se realizó un muestreo de suelos para evaluar el banco de semillas. Para ello se tomaron muestras de suelo con un muestreador metálico (2,5 cm diámetro, 8 cm profundidad). Se tomaron nueve muestras al azar de cada tratamiento (c/u compuesta por ocho submuestras), recorriendo los lotes siguiendo un patrón en forma de W. Posteriormente, las muestras de suelo se homogeneizaron y se acondicionaron en bandejas de plástico (25 x 18 x 5 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente), se adicionaron en la base 2-3 cm de tierra estéril (Figura 3). Cada una de las bandejas (con la base perforada) fue colocada dentro de otra bandeja más grande a la cual se le agregaba agua para mantener húmedo el suelo. Las bandejas se mantuvieron en invernáculo por un período de 2 meses. Se evaluó la emergencia de las plántulas cada 7 a 10 días, contabilizando el número de individuos e identificando la especie correspondiente, las cuales eran extraídas de las bandejas. En algunos casos las especies se identificaron a nivel de plántula; cuando esto no fue posible las mismas fueron trasplantadas en macetas hasta su posterior identificación en estado vegetativo y/o reproductivo.

El reconocimiento de las especies dicotiledóneas se realizó utilizando claves de identificación botánica: Alonso (2007), Montes *et al.* (2001), Cabrera & Zardini (1978), Zuloaga *et al.* (2024). La identificación de los individuos de la familia Gramíneas o Poáceas se realizó únicamente a nivel de familia, ya que la duración del período de análisis de plántulas no permitió que las mismas lleguen a estado reproductivo, lo cual es fundamental para poder determinarlas a nivel de género y especie. La actualización de los nombres científicos, el origen o estatus de las especies (nativo/exótico) y el ciclo de vida (anual/bianual/perenne), se llevó a cabo con la base de datos Flora Argentina (www.floraargentina.edu.ar).



Figura 3. Evaluación del banco de semillas del suelo con muestreador metálico, y bandejas de germinación para identificación de especies vegetales.

Evaluación de rendimiento del cultivo de maíz

Durante la campaña 2021-2022 se sembró el cultivo de maíz en los tres ambientes cultivados, utilizándose el híbrido DK 72-20 VT3 en los tres tratamientos. A continuación, se describe el manejo de cultivo para cada uno de los tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prácticas agronómicas realizadas en barbecho previo y durante el cultivo de maíz, en cada uno de los tratamientos destinados a contrastar tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, con distinta intensificación de uso de tecnologías de insumos y procesos.

Prácticas agronómicas	Tratamientos		
Manejo del cultivo	AC	IS	IE
Barbecho	2 L ha ⁻¹ glifosato (54% e.a.*) + 0,8 L ha ⁻¹ 2,4-D (59% e.a.)	Cultivo de servicio (avena+vicia)	Cultivo de servicio (avena+vicia)
Control en pre-siembra y pre-emergencia	1,5 L ha ⁻¹ glifosato (54% e.a.) + 2 k ha ⁻¹ atrazina (90% i.a.**)	Rolo* + 2 L ha ⁻¹ glifosato (54% e.a.)	Supresión mecánica*** (BES)
Fecha de siembra	21 de octubre	20 de noviembre	14 de diciembre
Densidad (plantas ha ⁻¹)	57000	57000	75000
Fertilización (k ha ⁻¹ urea)	210	220	0

*e.a.= equivalente ácido; **i.a.= ingrediente activo, ***Supresión mecánica con el sistema BES (herramienta de labranza vertical de corte horizontal subsuperficial) en IE o con un rolo en IS.

El retraso en la fecha de siembra del tratamiento de IE se debió a un déficit de humedad, lo que comprometía la correcta implantación del cultivo de maíz. El cultivo de servicio se suprimió mecánicamente con una herramienta de labranza vertical (BES) el 9 de septiembre, dicho procedimiento generó pérdida de humedad en la capa superficial del suelo.

Análisis de la información

Se evaluó la diversidad florística de la vegetación a través de la estimación de la riqueza (N° de especies), la abundancia (N° de semillas m⁻²) y la expresión exponencial del índice de diversidad de Shannon-Wiener ($e^{H'}$) (Shannon & Weaver, 1949).

$$e^{H'} = e^{(-\sum (P_i \cdot \ln(P_i)))}$$

Donde P_i es la proporción de la especie i en la muestra analizada, y \ln es el logaritmo natural. Este índice se interpreta como el número efectivo de especies en una comunidad (Jost, 2006). A fin de determinar similitud de la composición florística entre los diferentes tratamientos analizados, se utilizó el índice de Sorensen. Para el cálculo se consideró que la especie estaba presente en el tratamiento cuando la misma apareció en al menos una repetición. Donde a y b son especies únicas que aparecen en cada tratamiento y c las especies que aparecen en ambos tratamientos.

$$\text{Índice de Sorensen} \quad S = \frac{(2c)}{(a+b+2c)}$$

Los análisis de riqueza, abundancia y diversidad de especies en el banco de semillas, así como del rendimiento del cultivo de maíz, se compararon mediante análisis estadísticos univariados.

Para ello se realizó el test de normalidad de Shapiro-Wilks, con un nivel de significancia de 0,05, y en el caso de que los datos tuvieran una distribución normal, se realizó un ANOVA y, ante la detección de diferencias significativas entre tratamientos, posteriormente las medias fueron comparadas mediante el test LSD ($\alpha = 0,05$). Los efectos de los distintos tratamientos o manejos agrícolas sobre la composición de la comunidad de flora espontánea se analizaron a través del método estadístico multivariado de componentes principales PCA. Con ello, se obtuvo un diagrama biplot donde las especies vegetales fueron representadas por vectores y los tratamientos por puntos. Tanto los análisis univariados, como el multivariado fueron realizados a través del programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo, 2020).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística del banco de semillas

Se identificaron 26 especies en el banco de semillas del suelo, pertenecientes a 13 familias botánicas, siendo las más representativas Asteraceae (8 sp.), Brassicaceae (3 sp.), Apiaceae (3 sp.) y Caryophyllaceae (3 sp.) (Cuadro 3). Cabe recordar que por el acotado período de tiempo en que se realizó el ensayo no se identificaron las especies de la familia Poaceae, que tuvieron alta representatividad de acuerdo a resultados de muestreos de vegetación aérea, y a la alta abundancia registrada en el banco. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Juanenea (2023), en estudios del banco de semillas de agroecosistemas del Sur de Buenos Aires, donde se registró como familias más representativas a las Asteráceas (14), Poáceas (11), Brasicáceas (6) y Apiáceas (4). Además, las familias más representativas también son similares a las citadas en diversos relevamientos de vegetación aérea de agroecosistemas del Sur de la provincia de Buenos Aires (Jaimes *et al.*, 2020, Herrera *et al.*, 2023). Por su parte, relevamientos más antiguos también registraron a Asteráceas, Poáceas y Brasicáceas como las principales familias de malezas de lotes cultivados con cereales en el sur de la Provincia de Buenos Aires (Catullo, 1983; Isilar & Yannicari, 2013; Scursoni *et al.*, 2014).

Cuadro 3. Listado de especies, nombres comunes, familias botánicas, ciclo y origen o estatus de las especies identificadas en el banco de semillas de distintos sitios que contrastan tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Donde, IE: intensificación ecológica, AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible, B: borduras. En las últimas tres columnas se muestra la abundancia de individuos en el banco de semillas del suelo expresada como el N° de semillas m⁻².

Especie y nombre común	Familia	Ciclo	Origen	N° semillas m ⁻²			
				CON	IE	IS	B
<i>Ammi majus</i> L. "apio cimarrón"	Apiaceae	A	E	142	256	0	0
<i>Anthemis cotula</i> L. "falsa manzanilla"	Asteraceae	A	E	0	0	57	0
<i>Bowlesia incana</i> Ruiz & Pav. "perejilillo"	Apiaceae	A	N	0	285	3390	3470
<i>Cardamine hirsute</i> L.	Brassicaceae	A	E	199	256	1083	598
<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Medik. "bolsita de pastor"	Brassicaceae	A	E	0	142	0	85
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill. "yuyo peludo"	Caryophyllaceae	A	E	285	456	798	752
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten. "cardo negro"	Asteraceae	A	E	0	28	85	17
<i>Conyza</i> spp. "rama negra"	Asteraceae	A	N	0	0	28	410
<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook. f. "botón de oro"	Asteraceae	A	E	171	256	285	496
<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Britton & P. Wilson "apio silvestre"	Apiaceae	A	N	2165	598	1909	2085
<i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris "orejita de ratón"	Convolvulaceae	P	N	28,5	0	0	17
<i>Helminthotheca echinoides</i> (L.) Holub "pega-pega"	Asteraceae	A	E	0	57	0,0	0
<i>Hypochaeris radicata</i> L. "roseta"	Asteraceae	P	E	0	0	0,0	20
<i>Lamium amplexicaule</i> L. "ortiga mansa"	Lamiaceae	A	E	0	0	28	0
<i>Lepidium didymum</i> L. "mastuerzo"	Brassicaceae	A	N	741	1510	1197	3538
<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) U. Manns & Anderb. "anagalis"	Primulaceae	A	E	114	114	1168	1624
<i>Oxalis conhoriza</i> Jacq. "vinagrillo amarillo"	Oxaliadiaceae	P	N	28	0	0	0
<i>Portulaca olearaceae</i> L. "portulaca"	Portulacaceae	A	E	85	57	114	34
<i>Senecio madagascariensis</i> Poir "flor amarilla"	Asteraceae	P	E	0	0	57	17
<i>Silene gallica</i> L. "calabacilla"	Cariofilaceae	A	E	28	28	342	256
<i>Solanum chenopodioides</i> Lam. "yerba mora"	Solanaceae	P	N	0	0	28,5	0
<i>Sonchus oleraceus</i> L. "cerraia"	Asteraceae	A	E	0	0	57	34
<i>Stellaria media</i> (L.) Cirillo "capiqui"	Caryophyllaceae	A	E	0	228	1168	632
<i>Trifolium repens</i> L. "trébol blanco"	Leguminosae	P	E	0	0	0	34
<i>Veronica persica</i> Poir. "veronica"	Plantaginaceae	A	E	0	57	1966	171
<i>Viola arvensis</i> Murray "pensamiento silvestre"	Violaceae	A	E	0	0	0	68
Gramíneas	Poaceae	-	-	3134	2422	3590	552
Ciclo A/B/P (promedio en cada tratamiento).				83,33/ 0/ 17,67	100/ 0/ 0	66,67/ 0/ 33,33	81,8/ 0/ 18,2
Origen E/N (promedio en cada tratamiento).				66,67/ 33,33	80/ 20	72,2/ 27,8	72,7/ 27,3

*Ciclo: A=anual, B=bianual, P=perenne. ** Origen: N=nativa, E=exótica.

La mayor riqueza de especies en el banco de semillas del suelo se registró en las parcelas de B e IE, las cuales se diferenciaron significativamente de las de IS y AC (LSD, $p < 0.05$), predominaron las especies de ciclo anual (66,67-100 %), y de origen exótico (66,67-80 %) (Figura 4, Cuadro 3). En todos los tratamientos hubo presencia de especies de la familia Poáceas. La abundancia de semillas fue superior en las B (22000 semillas m^{-2}), seguida en orden decreciente por el tratamiento de IE (17350 semillas m^{-2}), y diferenciándose significativamente de AC (7123 semillas m^{-2}) e IS (6752 semillas m^{-2}) (LSD, $p < 0.05$) (Figura 4).

La menor riqueza y abundancia de especies en el banco de semillas de ambientes cultivados, en comparación a ambientes sin disturbar, se relaciona a la regulación ejercida por ciertas prácticas de manejo agronómicas, y su influencia sobre el ingreso-egreso de semillas del banco. Así, la riqueza y abundancia de especies del banco de semillas en un ambiente cultivado es regulada por una serie de factores como la rotación de cultivos, la frecuencia en la aplicación, el tipo de herbicidas, la aplicación de fertilizantes, las labranzas, el uso de cultivos de cobertura y otras prácticas agrícolas (Koocheki *et al.*, 2009). Los tratamientos de AC e IS presentaron la menor abundancia de semillas y menor diversidad de especies. Por lo cual, el manejo en dichos ambientes generaría una menor relación entre el ingreso y egreso de semillas, ya sea a través de una menor fecundidad, o mediante aumento de los egresos (germinación, depredación, o muerte). En este sentido, cabe mencionar que las estrategias de manejo en los tratamientos de AC (tratamiento con herbicidas en barbecho previo a la siembra de maíz en 2021, y previo a la siembra de girasol en 2022) e IS (combinación de barbecho químico con aplicación selectiva de herbicidas en 2021, previo a la siembra de cultivo de servicio avena+vicia, y posterior al cultivo de servicio durante 2022, Figura 2) resultaron eficaces para disminuir la abundancia y diversidad de semillas del banco. Por su parte, las prácticas implementadas en IE (mezcla de cultivo de vicia+soja+trigo previo a la siembra de maíz, y cultivo de servicio de avena+vicia seguida por labranza mecánica previa a la siembra de girasol en 2022 (Figura 2), no resultaron tan eficaces en disminuir el ingreso en relación al egreso de semillas del banco.

Por otra parte, en varios relevamientos se ha registrado la mayor diversidad de especies en borduras o áreas sin cultivar, respecto de parcelas de cultivo, lo cual remarca la importancia de estos ambientes como refugio de biodiversidad de especies vegetales autóctonas y su fauna asociada (Torreta & Poggio, 2013; Juanenea, 2023; Herrera *et al.*, 2023). Datos bibliográficos a nivel mundial citan valores promedio en el banco de semillas entre 1000 y 80000 semillas m^{-2} (Requesens *et al.*, 2004), por otro lado, estudios del banco de semillas de malezas anuales en suelos cultivados citan 1000-10000 semillas m^{-2} (Mortimer, 1996). En consecuencia, los datos registrados en el presente estudio estarían dentro del rango estudiado en suelos agrícolas, incluso sobrepasando dichos valores en los tratamientos con menor intensificación, y en las borduras.

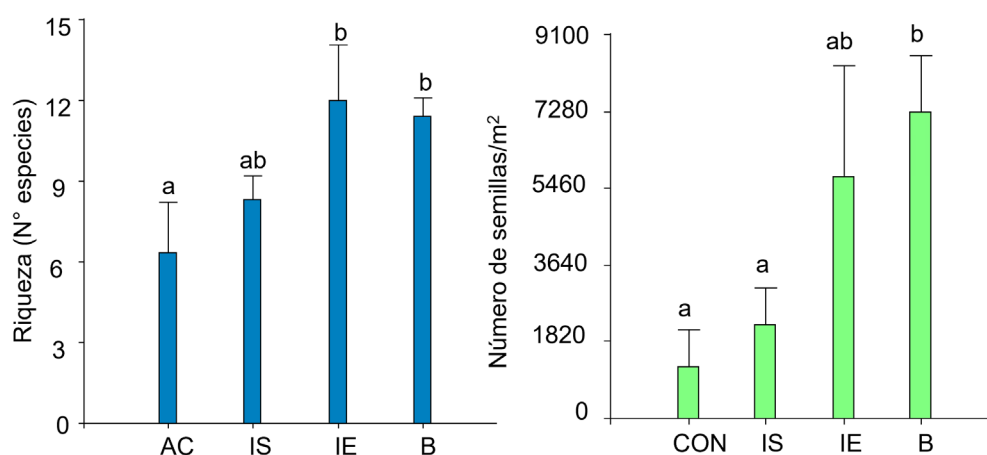


Figura 4. Riqueza de especies (número de especies) y abundancia de especies (número de semillas m^{-2}) en el banco de semillas del suelo en tratamientos que contrastan tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Donde, IE: intensificación ecológica, AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible; B: borduras o corredores biológicos.

La expresión exponencial del índice de diversidad de Shannon-Wiener) para los tratamientos evaluados fue significativamente menor en las parcelas que en AC e IS, resultó intermedio en las parcelas de B y mostró los mayores valores en IE ($p < 0.05$) (Figura 5).

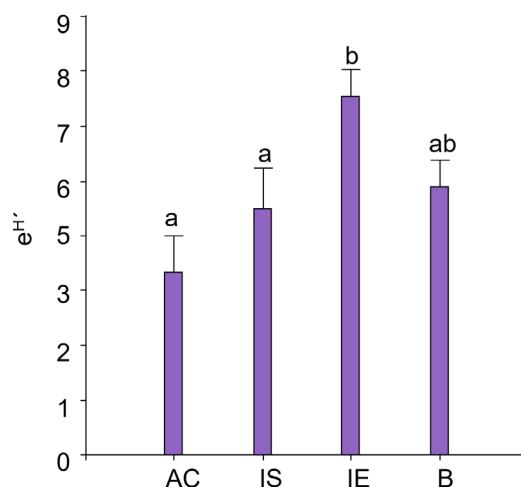


Figura 5. $e^{H'}$: expresión exponencial del índice de diversidad de Shannon-Wiener en muestreos realizados en el banco de semillas del suelo en tratamientos que contrastan tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Donde, IE: intensificación ecológica, AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible; B: borduras o corredores biológicos. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los ambientes (LSD, $P < 0,05$).

Las especies más abundantes en el banco de semillas tuvieron distinta representatividad en los diferentes tratamientos. Las gramíneas fueron el grupo más representativo en todos los ambientes evaluados, mientras que otras especies presentaron variaciones entre los diferentes manejos. Las especies *Lepidium didymum*, *Cotula australis* y *Capsella bursa-pastoris* fueron abundantes en todos los tratamientos, lo cual refleja una menor sensibilidad a las prácticas de manejo realizadas en los distintos ambientes. Por su parte, otras especies como las del género *Conyza*, mostraron abundancia alta/media en AC, IS y B, y escasa representatividad en IE, lo cual señala que la combinación de herbicidas y cultivos de cobertura utilizados en AC e IS, y la alta cobertura de especies de las B (dicha especie es sensible a la competencia en estadios iniciales) limitarían el ingreso de semillas al banco (Figura 6).

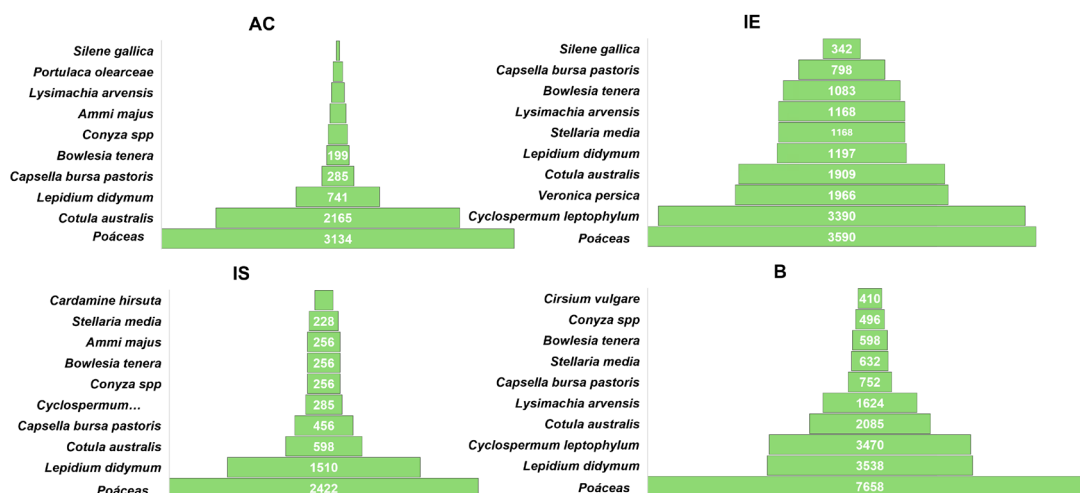


Figura 6. Especies con mayor abundancia en el banco de semillas del suelo (número de individuos m^{-2}) en tratamientos que contrastan tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Donde, IE: intensificación ecológica, AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible; B: borduras o corredores biológicos.

En el Cuadro 4 se presentan los índices de similitud entre los distintos tratamientos para los relevamientos realizados en el banco de semillas del suelo. Los tratamientos que presentaron mayor similitud fueron B e IE (81 % de similitud para las especies presentes en el banco de semillas del suelo), en tanto, los más disímiles fueron las B con AC (67 %). Estos resultados indican que las prácticas de manejo implementadas en dichas parcelas estarían favoreciendo a ciertas especies, que resultarían similares a las que se adaptan a ambientes poco disturbados. Por su parte, las prácticas de manejo implementadas en AC generarían las mayores diferencias con los ambientes sin disturbar, resultando intermedio en IS. Además, este análisis permitiría comparar la similitud de las borduras con los distintos lotes cultivados, evaluando la posibilidad de que estas contribuyan con especies que puedan luego invadir las parcelas cultivadas. En este sentido, cabe remarcar que las parcelas que más similitud presentaron con las borduras fueron las de IE, mientras que las más disímiles fueron AC e IE. Esto indicaría que la aplicación de herbicidas, la fertilización, la rotación de cultivos, entre otras prácticas de manejo de AC e IE limitarían la colonización de especies de las borduras, a diferencia de lo que podría suceder en parcelas con IE.

Cuadro 4. Índices de similitud de Sorensen en muestreo realizado en el año 2022, para los tratamientos intensificación ecológica (IE), Agricultura convencional (AC) e intensificación sostenible (IS).

IE	AC	IS	B	
1	0,69	0,7	0,81	IE
	1	0,76	0,67	AC
		1	0,77	IS
			1	B

El análisis estadístico multivariado de PCA, considerando la abundancia de especies en el banco de semillas del suelo para los distintos manejos, explicó el 91% de la variación en la composición florística (representado por el eje 1 con 53,3 % y el eje 2 con el 37,7 % de la variabilidad). Los distintos ambientes de muestreo se ordenaron a lo largo del eje 1, el que permitió diferenciar a las B ubicadas a la derecha en el gráfico, del resto de los tratamientos. A su vez, también diferenció claramente a IE, de AC e IS (ambos cercanos en el gráfico). Las B estuvieron asociadas a la mayor cantidad de especies de flora espontánea entre ellas se pueden mencionar a *Viola arvensis*, *Lepidium didymum*, *Conyza* spp., *Helminthotheca echinoides* y el grupo de gramíneas. Por su parte el eje 2, permitió separar al tratamiento de IE de los de AC e IS, estos últimos estuvieron asociados a la menor diversidad de especies de flora espontánea, principalmente se vincularon a *Ammi majus*. Por su parte el tratamiento de IE estuvo asociado a una mayor cantidad de especies vegetales que los dos anteriores, aunque menor a las B, entre ellas podemos mencionar a: *Veronica* spp., *Lamium amplexicaule*, *Sonchus oleraceus* y *Stellaria media*, entre otras (Figura 7).

Con uso reducido de herbicidas, la intensificación sustentable con cultivos de cobertura logró rendimientos similares a la agricultura convencional, con mayor diversidad vegetal y servicios ecosistémicos

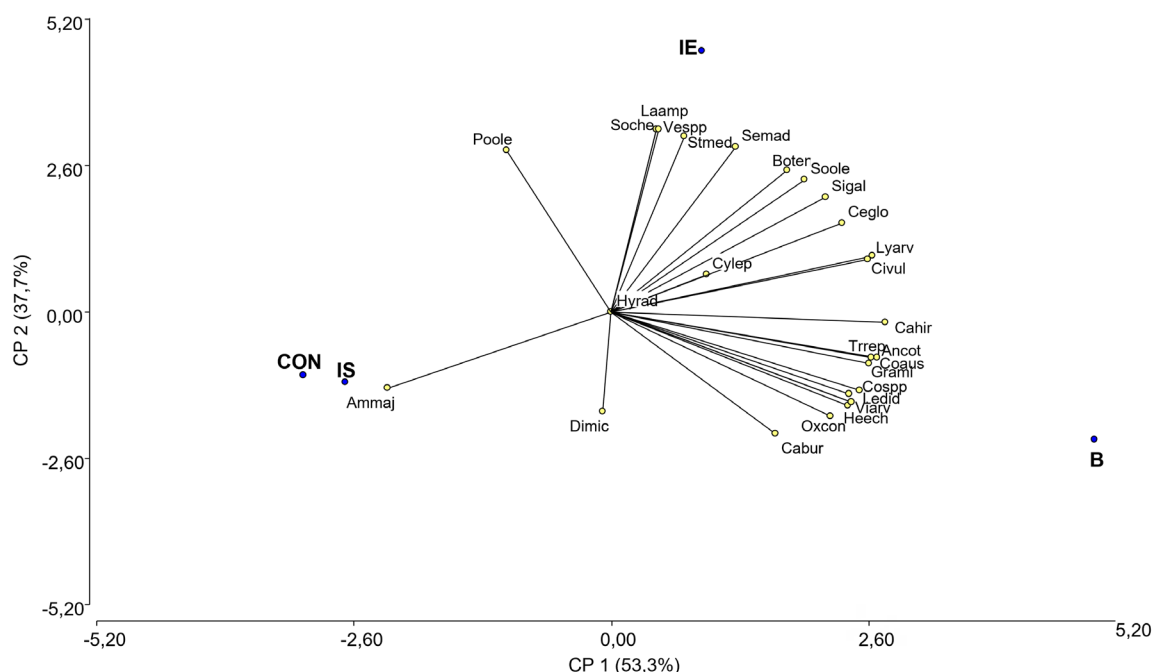


Figura 7. Análisis de componentes principales de flora espontánea del banco de semillas del suelo en muestreos realizados durante 2022 en tratamientos que contrastan tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Donde, IE: intensificación ecológica, AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible; B: borduras o corredores biológicos. Las siglas en los vectores indican las dos primeras letras del género, seguidas de las tres primeras letras del epíteto específico.

Rendimiento

El mayor rendimiento del cultivo de maíz en los distintos ambientes de estudio se registró en los tratamientos de IS y AC, diferenciándose significativamente del tratamiento IE (LSD, $P < 0,05$) (Figura 8). Los tratamientos con menor abundancia de semillas m^{-2} en el banco, fueron los que registraron el mayor rendimiento en grano, independientemente de la riqueza de especies presentes en dicho tratamiento (ya que la riqueza de IS fue superior a la registrada en AC, ambos con rendimientos similares). Cabe remarcar que el 15/3/22, ocurrió una helada temprana que afectó principalmente al cultivo de la parcela de IE, por estar fenológicamente más susceptible en relación con las parcelas de AC e IS, que se sembraron de forma anticipada. Además, el tratamiento IE no recibió fertilización nitrogenada. Por lo cual, no se puede concluir que el menor rendimiento registrado en la parcela IE se deba únicamente a la mayor abundancia de flora espontánea en el banco (que generaría competencia a través de una mayor densidad), ya que hubo variaciones en el manejo entre las diferentes parcelas cultivadas.

Es necesario profundizar en el análisis de la riqueza y abundancia de especies bajo distintos contextos de manejo, considerando la variabilidad climática y el potencial competitivo de las malezas para afectar el rendimiento. Aun con un uso restringido de herbicidas, como en IS, la integración con cultivos de cobertura permitió obtener rendimientos de maíz similares a los de AC, junto con una mayor diversidad vegetal y beneficios asociados en términos de servicios ecosistémicos. Asimismo, resulta prioritario avanzar en el estudio de escenarios como IE, relevantes para productores y asesores que trabajan en regiones con restricciones al uso de agroquímicos.

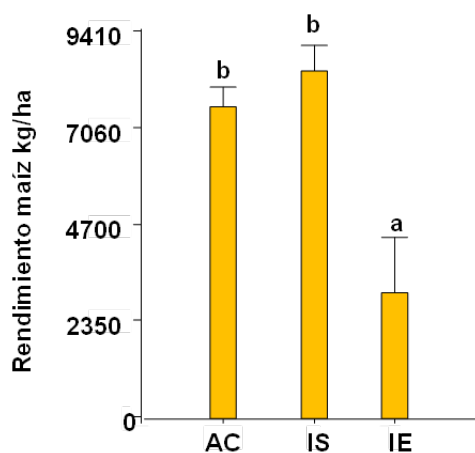


Figura 8. Rendimiento del cultivo de maíz (kg/ha) en tratamientos que contrastan tres escenarios productivos actuales del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Donde, IE: intensificación ecológica, AC: agricultura convencional, IS: intensificación sostenible.

CONCLUSIONES

- Se identificaron 26 especies en el banco de semillas del suelo, pertenecientes a 13 familias botánicas. Las especies de origen exótico y ciclo anual fueron predominantes en todos los ambientes.
- Las borduras fueron el ambiente con mayor riqueza y abundancia de semillas en relación al resto de las situaciones evaluadas.
- Los tratamientos que presentaron mayor similitud florística en el banco de semillas del suelo fueron B y I IE (81% de similitud), en tanto, los más disímiles fueron B y AC (67%).
- El análisis multivariado de PCA, basado en la abundancia de especies del banco de semillas, explicó el 91% de la variación en la composición florística y permitió diferenciar con claridad los distintos manejos. Las B se asociaron con la mayor riqueza de flora espontánea, AC e IS con la menor diversidad, mientras que IE presentó valores intermedios.
- El mayor rendimiento de maíz se obtuvo en los tratamientos IS y AC, que se diferenciaron significativamente de IE. Si bien los tratamientos con menor abundancia de semillas m^{-2} registraron los mayores rendimientos, no fue posible atribuir este resultado únicamente a la reducción en la abundancia de especies.

Equipo de investigación



BIBLIOGRAFÍA

- ABBATE P (2017) Bases ecofisiológicas del manejo del cultivo de trigo en la región pampeana. En IPNI (Eds.), *Manual del cultivo de trigo* (cap. 3, pp. 33-52). International Plant Nutrition Institute.
- ALONSO SI (2007) *Principales malezas en cultivos y rastrojos del sudeste bonaerense. Clave ilustrada para su identificación en los estadios de plántula o rebrote*. Cuadernillo didáctico de Botánica Agrícola, **1**, 23. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- ANDRADE FH (2020) *Los desafíos de la agricultura* (1a ed. ampliada). Ediciones INTA. ISBN 978-987-8333-68-7. CDD 630.1. Disponible en: http://www.maizar.org.ar/documentos/cultivo%20de%20maiz_version%20digital.pdf
- BENECH ARNOLD R, BATTLA D, GUGLIEMINI AC & KRUK BC (2014). Ecología de malezas II: La reanudación del crecimiento y el aumento del área. En OA FERNÁNDEZ, ES LEGUIZAMÓN, & HA ACCIARESI (Eds.), *Malezas e Invasoras de la Argentina* (Tomo I), pp. 139-171 Editorial de la Universidad Nacional del Sur.
- BOCCHIO V, REQUESENS E & MESTELAN S (2019) Tendencias y equitatividad de los principales cultivos extensivos en el centro de la provincia de Buenos Aires. *RIA*, **45**(2), 196-203.
- BONAUDO T et al. (2014) Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems. *European Journal of Agronomy*, **57**, 43-51.
- CABRERA AL & ZARDINI EM (1978) *Manual de la flora de los alrededores de la Provincia de Buenos Aires*. Editorial Acme.
- CANO PB, CABRINI SM, PEPPER AM & POGGIO SL (2023). Multi-criteria assessment of cropping systems for the sustainable intensification in the Pampas. *Agricultural Systems*, **210**, 103723.
- CATULLO JC, VALETTI OE, RODRÍGUEZ ML & SOSA CA (1983) Relevamiento de malezas en cultivos comerciales de trigo y girasol en el centro-sur bonaerense. *Malezas*, **11**(2), 204-235.
- DENSLOW S (1985). Disturbance-mediated coexistence of species. En STA PICKETT & PS WHITE (Eds.), *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics* (pp. 307-323). Academic Press.
- DI RIENZO JA, CASANOVES F, BALZARINI MG, GONZÁLEZ L, TABLADA M & ROBLEDO C W. (2020) *InfoStat versión 2020*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- FALASCA S, ULBERICH A, BERNABÉ M & MORDENTI S (2000) Principales características agroclimáticas del sudeste bonaerense, República Argentina. *Revista Geográfica*, **127**, 91-102.
- FELEDYN-SZEWCZYK B, SMAGACZ J, KWIATKOWSKI CA, HARASIM Z & WOZNIAK A (2020) Weed flora and soil seed bank composition as affected by tillage system in three-year crop rotation. *Agriculture*, **10**(186), 1-20. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050186>
- FLORA ARGENTINA (2025) *Plantas vasculares de la República Argentina*. <http://www.floraargentina.edu.ar>
- GLIESSMAN SR et al. (2007) Agroecología: Promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, **16**, 13-23.
- HARETCHE F & RODRÍGUEZ C (2006) Banco de semillas de un pastizal uruguayo bajo diferentes condiciones de pastoreo. *Ecología Austral*, **16**, 105-113.
- HERRERA LP & LATERRA P (2011). Relative influence of size, connectivity and disturbance history on plant species richness and assemblages in fragmented grasslands. *Applied Vegetation Science*, **14**, 181-188.
- HERRERA LP, ESTAVILLO C, ECHEVERRÍA M & DIEZ DE ULZURRUN P (2023) El potencial invasor de la vegetación espontánea en los agroecosistemas. *Horizonte A*, **167**, 54-60. https://issuu.com/horizonteadigital/docs/hori_167
- HERRERA LP, JAIMES FR, GARAVANO ME, DELGADO SG, & ISPÍZUA VN (2020) Vegetation in rural roadsides of the Pampa region (Argentina): An opportunity for grassland conservation? *Écoscience*, **27**(2), 127-140.
- ISTILART C & YANNICARI M (2013) Análisis de la evolución de malezas en cereales de invierno durante 27 años en la zona sur de la pampa húmeda argentina. En *Actualización técnica en cultivos de cosecha fina 2012/13*, 113-116. Ediciones INTA.
- JAIMES FR, DIEZ DE ULZURRUN P & HERRERA LP (2020) Las malezas en la transición agroecológica. *Visión Rural*, **133**, 31-36.
- JOST L (2006) Entropy and diversity. *Oikos*, **113**(2), 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- JUANENEA C (2023). *Flora espontánea en una transición agroecológica: Evaluación a través del banco de semillas del suelo* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP.
- KOOCHKEI A, NASSIRI M, ALIMORADI L & GHORBANI R (2009) Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. *Agronomy for Sustainable Development*, **29**, 401-408. <https://doi.org/10.1051/agro/2008061>
- MARSHALL EJP (2009) The impact of landscape structure and sown grass margin strips on weed assemblages in arable crops and their boundaries. *Weed Research*, **49**, 107-115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00670>
- MOHLER CL (1996) Ecological bases for the cultural control of annual weeds. *Journal of Production Agriculture*, **9**, 468-474.
- MONTES L, ALONSO SI, NUCIARI MC, CLAUSEN A, GUMA IR & ECHARTÉ AM (2001) *Flora espontánea del Sudeste Bonaerense. Clave ilustrada para la identificación de las principales dicotiledóneas herbáceas por sus caracteres vegetativos*. UNMdP/INTA EEA Balcarce.

- MORTIMER A (1996). La clasificación y ecología de las malezas. En R LABRADA, J CASELEY, & C PARKER (Eds.), *Manejo de malezas para países en desarrollo* (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal-120). FAO. <https://www.fao.org/4/T1147S/t1147s06.htm>
- NORMATIVA DE AGROQUÍMICOS. (2025). <https://www.mardelplata.gob.ar/Contenido/normativa-agroquimicos>
- PARUELO JM et al. (2006) Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, **10(2)**, 47-61.
- PRETTY J et al. (2018) Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, **1**, 441-446.
- RAMOA STA (2014) *Caracterización y dinámica de la flora espontánea en los cultivos del baixo Alentejo (Portugal). Análisis del impacto de factores ambientales* (Tesis doctoral). Universidad de Extremadura.
- REQUESENS E, SCARAMUZZINO R & MARTÍNEFSKY MJ (2004) Banco de semillas de malezas a lo largo de un gradiente microtopográfico en un suelo agrícola de Azul (Buenos Aires). *Ecología Austral*, **14**, 141-147.
- ROBERTS HA (1981) Seed banks in the soil. *Advances in Applied Biology*, **6**, 55. Academic Press.
- SARANDÓN SJ (2002) *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas.
- SARANDÓN, S. J., & FLORES, C. C. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad de La Plata.
- SCURSONI JA et al. (2014). Changes in weed communities of spring wheat crops of Buenos Aires Province of Argentina. *Weed Science*, **62**, 51-62.
- TORRETA JP & POGGIO SL (2013) Species diversity of entomophilous plants and flower-visiting insects is sustained in the field margins of sunflower crops. *Journal of Natural History*, **47**, 139-165.
- ZULOAGA FO, BELGRANO MJ & ANTON AM (Eds.) (2024) *Flora vascular de la República Argentina*. IBODA-IMBIV (CONICET). <http://www.floraargentina.edu.ar>